



**INSTITUTO
FEDERAL**
Piauí

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS URUÇUI
CURSO ENGENHARIA AGRONÔMICA**

JUSSARA SANTOS LIMA

CROTALÁRIA NO CERRADO PIAUIENSE

URUÇUI

2024

JUSSARA SANTOS LIMA

CROTALÁRIA NO CERRADO PIAUIENSE

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico)
apresentado como exigência parcial para obtenção do
diploma do Curso de Engenharia Agrônômica do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Piauí, Campus Uruçuí

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Magno Pereira da Silva

URUÇUÍ

2024

CROTALÁRIA NO CERRADO PIAUIENSE

Jussara Santos Lima¹
Eduardo Magno Pereira da Silva²

RESUMO

A crotalária é uma leguminosa com potencial para melhorar a fertilidade dos solos degradados do Cerrado, contribuindo com a fixação biológica de nitrogênio, controle de nematoides e aumento da matéria orgânica. Seu uso pode reduzir a dependência de insumos químicos, promovendo práticas agrícolas mais eficazes e econômicas. Diante da necessidade de reunir informações realizou-se uma revisão de literatura sobre o uso da crotalária, abordando suas características, aplicações na agricultura e potencial no manejo sustentável de solos e controle de pragas. A crotalária se apresenta como uma alternativa promissora para a sustentabilidade agrícola. Além disso, seu uso como adubo verde contribui para a redução do uso de insumos químicos, protegendo o solo contra erosões, aumentando a porosidade e promovendo o desenvolvimento de culturas subsequentes. O estudo também ressalta o impacto positivo da crotalária na ciclagem de nutrientes e na eficiência no uso de fertilizantes, aspectos cruciais para a otimização da produtividade agrícola. A pesquisa é justificada pela necessidade de promover práticas agrícolas mais sustentáveis e de identificar soluções adaptadas às condições do Cerrado, como o uso de espécies específicas de crotalária em consórcios ou sistemas de rotação de culturas. Por meio de uma abordagem teórica, o estudo reúne informações de artigos científicos, livros e publicações relevantes, analisando avanços recentes sobre o tema. Conclui-se que a adoção da crotalária como cultura de cobertura é essencial para o manejo sustentável, contribuindo para o aumento da produtividade, a redução de custos e a preservação ambiental no contexto do Cerrado piauiense.

Palavras-chave: adubação verde; fertilidade do solo; fixação biológica de nitrogênio; cultura de cobertura.

ABSTRACT

Crotalaria is a legume with the potential to improve the fertility of degraded soils in the Cerrado, contributing to biological nitrogen fixation, nematode control, and increased organic matter. In addition, its use can reduce dependence on chemical inputs, promoting more efficient and economical agricultural practices. The objective of this study was to conduct a literature review on the use of crotalaria, addressing its characteristics, applications in agriculture, and potential for sustainable soil management and pest control. Crotalaria is a promising alternative for agricultural sustainability. In addition, its use as green manure contributes to reducing the use of chemical inputs, protecting the soil against erosion, increasing porosity, and promoting the development of subsequent crops. The study also highlights the positive impact of crotalaria on nutrient cycling and efficiency in fertilizer use, aspects that are crucial for optimizing agricultural productivity. The research is justified by the need to promote more sustainable agricultural practices and identify solutions adapted to the conditions of the Cerrado, such as

¹ Graduanda em Engenharia Agrônoma. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - campus Uruçuí. E-mail: jussarasantos1606@gmail.com.

² Docente, Dr. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI, campus Uruçuí. E-mail: eduardo.silva@ifpi.edu.br

the use of specific species of crotalaria in intercropping or crop rotation systems. Using a theoretical approach, the study gathers information from scientific articles, books and relevant publications, analyzing recent advances on the subject. It is concluded that the adoption of crotalaria as a cover crop is essential for resilient management, contributing to increased productivity, reduced costs and environmental preservation in the context of the Brazilian Cerrado.

Keywords: green manure; sustainable management; soil fertility; biological nitrogen fixation; cover crop.

Data de aprovação: 10/12/2024

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil, abrangendo aproximadamente 20% do território brasileiro e se estendendo por uma área superior a dois milhões de km² (Batista; Cunha, 2022). Seu clima principal é tropical quente, caracterizado por verões chuvosos e invernos secos (Beck et al., 2018). No entanto, devido à sua grande extensão, tanto o relevo quanto o solo, assim como o clima, variam nas regiões de transição com outros biomas (Ricklefs, 2010; IBGE, 2017). O bioma apresenta três padrões climáticos distintos: semiárido, semiúmido e úmido, sendo amplamente dominado pela vegetação de savana, que cobre aproximadamente 60% de sua área (Tavares; Moura; Amorim, 2022).

Esse bioma possui uma relevância significativa para a biodiversidade e a diversidade genética. Contudo, de acordo com a plataforma Terra Brasilis, criada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), houve a perda de 8.531,44 km² de vegetação entre agosto de 2020 e julho de 2021 devido ao desmatamento. O desempenho da agropecuária é afetado, sobretudo, pelas características físicas, químicas e biológicas do solo. Por isso, é essencial entender e mensurar a variação desses aspectos, já que o solo, sendo um sistema aberto e dinâmico, está em contínua transformação (Dalchiavon et al., 2011; Montanari et al., 2015).

A busca por práticas agrícolas mais sustentáveis tem levado ao desenvolvimento de diversas técnicas que visam melhorar a saúde do solo e aumentar a produtividade de forma ambientalmente responsável. Entre essas práticas, destaca-se a adubação verde que consiste no cultivo de diferentes espécies vegetais em uma mesma área, seja em sucessão ou simultaneamente, com o principal objetivo de melhorar a qualidade nutricional do solo (Nascimento et al., 2017).

Embora seja claro que a adubação verde pode aumentar a produtividade das lavouras, além de contribuir significativamente para o controle de plantas daninhas e melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo, essa prática ainda é pouco utilizada no Cerrado. Um dos principais motivos para essa baixa adoção é a falta de conhecimento técnico por parte dos produtores rurais sobre os benefícios dessa prática e as maneiras corretas de implementá-la. Além do mais, muitos agricultores priorizam técnicas convencionais e de curto prazo, devido à pressão por resultados imediatos. Outro fator que contribui é a dificuldade de acesso a assistência técnica especializada, que poderia orientar sobre a escolha das espécies mais adequadas para a adubação verde, os métodos de manejo e os períodos ideais para a implantação (Soares et al., 2015).

Há uma carência de dados específicos para esse bioma, assim, é fundamental identificar espécies que sejam adaptadas à região (Soares et al., 2015). Estudos realizados por Liebig et al. (2014), constataram que o incremento da diversidade de espécies proporcionado pelas plantas de cobertura resultou em colheitas comerciais com maior produtividade e estabilidade, em relação a sistemas de cultivo menos diversificados. Ademais, observou-se um aumento na capacidade de aproveitamento de nutrientes e da água.

A crotalária é amplamente empregada como adubo verde e é cultivada em várias partes do mundo devido à sua notável capacidade de fixar nitrogênio da atmosfera. Ao ser usada como adubo verde, ela enriquece o solo com nitrogênio, além de contribuir para o controle de plantas daninhas e auxiliar no manejo biológico de nematoides. Além de suas funções principais, a crotalária desempenha um papel crucial na proteção do solo contra a erosão, na diminuição da compactação do solo. A crotalária desempenha um papel fundamental na ciclagem de nutrientes, absorvendo elementos das camadas mais profundas do solo e disponibilizando-os para as camadas superiores por meio da concentração de sua biomassa (Silva, 2014).

A seleção da espécie e do momento ideal para o plantio e corte, bem como do manejo e da qualidade da biomassa utilizada como adubo verde, há outros fatores a considerar nesse tipo de adubação. A velocidade de decomposição dos resíduos vegetais é influenciada por sua qualidade que está relacionada principalmente à relação carbono/nitrogênio (C/N) dos resíduos, temperatura ambiente, quantidade de chuvas e características do solo, como composição mineral da fração argilosa, pH, atividade biológica e disponibilidade de nutrientes (Diniz et al., 2014).

Ao reconhecer os benefícios do uso de plantas da família *Leguminosae* como adubo verde e sua contribuição nos sistemas de rotação de culturas, várias oportunidades se abriram para sua aplicação em outras partes dos sistemas produtivos, como nos sistemas consorciados

(Santos, 2022). Estudos demonstraram que o consórcio entre milho e crotalária proporciona benefícios, permitindo a produção de grãos de milho ao mesmo tempo em que a crotalária contribui com seus ganhos específicos (Pereira, 2015).

O estudo do uso da crotalária como cultura de cobertura é de suma importância devido aos diversos benefícios que essa prática pode proporcionar para os sistemas agrícolas. A crotalária, por ser uma leguminosa, tem a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, o que pode reduzir a necessidade de adubação nitrogenada, resultando em economia para o produtor. Seu sistema radicular profundo contribui para a melhoria da estrutura do solo, aumentando sua porosidade e aeração, o que favorece o desenvolvimento das culturas subsequentes. Atua como uma barreira física contra a erosão do solo e pode auxiliar no controle de plantas daninhas e na supressão de nematoides, contribuindo para a redução do uso de agroquímicos.

Estudar o uso da crotalária como cultura de cobertura é, portanto, fundamental para promover a sustentabilidade e a produtividade dos sistemas agrícolas. Nesse contexto, objetivou-se realizar uma revisão de literatura sobre o uso da crotalária, abordando suas características, aplicações na agricultura e potencial no manejo sustentável de solos e controle de pragas.

2 METODOLOGIA

Executou-se uma análise sistemática, no qual a finalidade foi consolidar as informações utilizando como fontes de pesquisa artigos científicos, livros, dissertações, teses e publicações relevantes disponíveis em bases de dados como Scielo, PubMed, Google Scholar, CAPES Periódicos, entre outros. Nessa pesquisa foram realizadas a seleção criteriosa de estudos publicados nos últimos 11 anos (2013 a 2024), garantindo a atualidade das informações. Além disso, obteve-se um levantamento e uma análise crítica dos estudos sobre as diversas espécies de Crotalária, seus usos, benefícios e desafios.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 As principais espécies de Crotalária e suas características agronômicas

Crotalaria ochroleuca

A *Crotalaria ochroleuca* é uma planta anual que cresce de maneira ereta e arbustiva, podendo alcançar entre 1,5 e 2,0 metros de altura ao longo de seu desenvolvimento (Figura 1). Caracterizada por uma elevada proporção de caule na biomassa, folhas estreitas, maior

capacidade de ramificação e um ciclo de crescimento mais longo, características que a tornam uma opção interessante para cultivo na entressafra (Garcia; Staut, 2018; Da Silva et al., 2016).



Figura 1 *Crotalaria ochroleuca* - Santos, 2022

É uma planta conhecida como comum, com a época de semeadura tipicamente ocorrendo entre os meses de outubro e novembro, mas também podendo ser semeada após a colheita da safra de soja (Ventura, 2021). Conforme observado por Garcia e Staut (2018), essa espécie exibe um crescimento mais intenso após o início da floração, diferentemente de outras espécies de Crotalária, o que permite que seja semeada mais tarde, acumulando uma quantidade maior de biomassa. Destaca-se por sua rusticidade, com raízes que conseguem atravessar camadas compactas do solo, o que a torna uma planta resistente ao estresse hídrico em áreas secas, essa adaptabilidade é especialmente útil para o cultivo durante a estação seca (Ventura, 2021).

Devido à sua eficácia no controle das principais espécies de nematoides presentes nos solos brasileiros, é uma das espécies mais amplamente utilizadas (Miamoto et al., 2016). De acordo com o estudo realizado por Leandro e Asmus (2015), a *C. ochroleuca* demonstrou ser uma excelente opção para a rotação de culturas. Sua utilização contribuiu para a redução significativa da população de nematoides no solo, um fator que frequentemente prejudica o desenvolvimento de culturas agrícolas. Essa diminuição resultou em um aumento expressivo na produtividade da soja cultivada no ano seguinte, evidenciando os benefícios da crotalária como planta de cobertura e adubação verde (Tabela 1) (Leandro; Asmus, 2015).

Tabela 1 Densidade populacional de *Rotylenchulus reniformis* por grama de raiz (NGR) e produtividade de soja (kg ha⁻¹) em função de diferentes rotações de culturas.

Tratamento	NGR	Produtividade
Soja	129,5 a	1633 b
Milho	147,0 a	1746 b
Crotalária	94,0 a	2309 a
CV (%)	40,42	17,08

Fonte: Leandro; Asmus (2015)

Possui melhores condições de cultivo durante a primavera e o verão. Devido ao seu sistema radicular profundo e bem desenvolvido, ela também é eficaz na descompactação das camadas densas do solo (Ventura, 2021). A sua produção pode produzir entre 7 e 17 toneladas por hectare (t ha⁻¹) de matéria seca, dependendo da disponibilidade de água. Quando não sofre restrições hídricas, essa produção elevada de biomassa contribui significativamente para o aumento da matéria orgânica no solo, sendo especialmente útil em práticas de adubação verde (Garcia; Staut, 2018).

Crotalaria juncea

A *Crotalaria juncea* apresenta um crescimento ereto e arbustivo, podendo atingir de 2 a 3 metros de altura, com folhas simples, largas e de formato linear ou oblongo (Figura 2). Em comparação com outras espécies de crotalária, possui um ciclo de vida mais curto, levando aproximadamente 90 a 120 dias para florescer. Esta planta é sensível ao fotoperíodo, comportando-se como uma espécie de dias longos.



Figura 2 *Crotalaria juncea* - Esalq, 2022

Devido ao vigoroso desenvolvimento de suas raízes, demonstra boa tolerância à seca, elevada capacidade de produzir matéria seca e de cobrir o solo, sendo também recomendada

para o controle de plantas daninhas (Cagnelutti Filho et al., 2017; Embrapa, 2016). Caracteriza-se por sua eficiência na cobertura do solo, visto que, após o plantio, há um aumento significativo na disponibilidade de nitrogênio, fósforo e potássio no solo. Por ter um ciclo curto, é ideal para o cultivo associado a culturas perenes, embora também possa ser cultivada isoladamente, conforme as condições ambientais (Santos, 2022).

Ela é vista como a mais produtiva entre as leguminosas, apresentando os maiores níveis de cobertura do solo e extração de nutrientes em comparação com outras espécies (Carvalho et al., 2014). Além disso, possui um elevado potencial para a fixação biológica do nitrogênio, o que indica sua capacidade significativa de fornecer ou complementar a nutrição nitrogenada necessária para a cana-de-açúcar em até 69% (Tabela 2), conforme exemplificado por Ambrosano et al. (2014).

Tabela 2 Fixação biológica (N-FBN) nas leguminosas cultivadas anteriormente a cana-de-açúcar.

Culturas utilizadas no pré cultivo a cana	Micorrizas arbusculares (%)	C (g kg ⁻¹)	N (g kg ⁻¹)	C : N	N-FBN (%)
Amendoim IAC-Caiapó	53 a	424 a	29 b	15 b	70 a
Crotalaria júncea IAC 1	53 a	449 a	23 b	20 a	69 a
Amendoim IAC-Tatu	43 a	440 a	18 b	24 a	38 b
Mucuna preta	54 a	446 a	42 a	11 b	62 a
Média	51	440	28	17	60
CV(%)	12,68	2,80	19,08	19,55	13,68

Fonte: Ambrosano et al., 2014

A capacidade da *C. júncea* de cobrir o solo rapidamente aos 51 dias após a emergência se torna altamente eficaz no controle da erosão e na proteção do solo em um curto período. Sua taxa elevada com 100% de cobertura superou significativamente a vegetação espontânea e as plantas daninhas. Espécies de adubos verdes com uma rápida taxa de cobertura do solo não só oferecem esses benefícios, mas também atuam na supressão de plantas daninhas, facilitando seu manejo e controle (Oliveira et al., 2016).

Crotalaria spectabilis

A *Crotalaria spectabilis*, tem um crescimento inicial lento, com porte ereto e determinado. Seu ciclo completo dura entre 180 e 200 dias (Figura 3). Trata-se de uma planta subarbusativa alta, com ramificações, folhas simples, flores completas, e raiz pivotante que se adapta bem a diversos tipos de solo. A produção de matéria seca oscila entre 10 e 20 t ha⁻¹ em

ambientes tropicais e subtropicais (Silva et al., 2017).



Figura 3 *Crotalaria spectabilis* - Santos, 2022

Essa espécie vem ganhando destaque e preferência no plantio direto devido à sua elevada produção de biomassa e eficiente ciclagem de nutrientes. Além disso, como há uma maior relação folha/ caule, ela promove uma decomposição mais rápida e uma liberação mais eficiente de nutrientes no solo (Santos, 2022).

A *C. spectabilis* é uma alternativa eficaz para o consórcio com o milho, pois, além de fornecer nitrogênio ao solo por meio da associação com bactérias fixadoras, também gera uma quantidade significativa de massa seca, podendo ser empregada no controle de nematoides. Ademais, por oferecer uma excelente cobertura ao solo, torna-se uma ferramenta valiosa no sistema de manejo integrado de plantas invasoras (Mohr et al., 2022). Em estudos realizados por Debiasi et al. (2016), ao analisar o comportamento de plantas na entressafra, concluíram que o cultivo dessa espécie durante esse período, seja de forma isolada ou em consórcio com milheto, diminuiu 60% a população de *Pratylenchus brachyurus* e os danos causados por esse nematoide à soja (Tabela 3).

Tabela 3 Número de nematoides (*P.brachyurus*) por grama de raízes de soja 'M-SOY 9144 RR', aos 45 e aos 90 dias após a semeadura.

Manejo na entressafra	Dias após a semeadura da soja	
	45	90
<i>Crotalaria spectabilis</i> + milho	216c	708b
Pousio	315b	852b
Milho	760a	746b
Milheto	367b	884b
<i>Crotalaria ochroleuca</i>	155c	1055b
<i>Urochloa brizantha</i>	824a	1487b
Alqueive químico	443b	1081b
<i>Crotalaria spectabilis</i>	196c	589b
<i>Crotalaria juncea</i>	167c	1218b
Alqueive mecânico	114c	334b
<i>Urochloa ruziziensis</i>	443b	2813a
CV (%)	38,4	47,3

Fonte: Debiasi et al. (2016),

Crotalaria breviflora

A *Crotalaria breviflora* apresenta um crescimento ereto e porte baixo, podendo alcançar até 1,1 metro de altura, variando conforme a densidade de plantio, o clima e a fertilidade do solo (Figura 4). Com estrutura arbustiva, distingue-se pelo crescimento rápido e ciclo de florescimento ocorre de 90 a 100 dias após o plantio (Carvalho et al., 2022).



Figura 4 *Crotalaria breviflora* - Sementes Pirai, 2022

Desenvolve-se bem tanto em solos argilosos quanto arenosos, apresentando uma capacidade de produção de matéria seca entre 3 e 5 t ha⁻¹, sendo menor no cultivo de outono/inverno. Possui potencial de fixação de nitrogênio comparável ao de *C. spectabilis* (Embrapa, 2016). Segundo Inomoto e Asmus (2014), essa espécie não é hospedeira dos nematoides *Meloidogyne incognita* e *Rotylenchulus reniformis*. É recomendada por seu porte

baixo e hábito de crescimento ereto, o que evita comportamento trepador e a torna menos hospedeira de fitonematoides.

Com desenvolvimento inicial rápido, ajuda no controle de plantas invasoras e fornece nitrogênio à cultura consorciada, através da fixação simbiótica com rizóbios nativos. Além disso, contribui para o aumento da fertilidade do solo e para a produtividade das culturas, tanto em cultivo isolado quanto em consórcio com culturas perenes (Carvalho et al., 2022).

3.2 Os benefícios do uso de Crotalária como adubo verde e seu impacto na fertilidade do solo

A adubação verde é uma prática que vem sendo feita por muito tempo que envolve o cultivo de plantas especificamente destinadas a melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Essas plantas devem possuir características importantes, como alta produção de biomassa, facilidade de cultivo, resistência, e a capacidade de fixar nitrogênio biologicamente, um atributo comum nas plantas da família Fabaceae, amplamente utilizada para esse fim (Abranches et al., 2021).

O Brasil abriga uma impressionante variedade de leguminosas, com cerca de 1.300 espécies na região Amazônica e 560 no Cerrado (Mercante et al., 2023). Estas plantas são amplamente valorizadas por seu sistema radicular profundo e ramificado, além da habilidade de fixar nitrogênio atmosférico através da simbiose com a bactéria *Rhizobium* (Santos, 2022).

É amplamente reconhecido que as plantas de cobertura proporcionam inúmeros benefícios à fertilidade do solo. Elas aumentam significativamente o teor de matéria orgânica, o que melhora a capacidade do solo de reter água e nutrientes. Além disso, promovem a atividade biológica do solo e a agregação das partículas, reduzindo a erosão e a perda de solo (Bertolini et al., 2019). Devido à baixa relação C/N, esses adubos verdes apresentam uma maior velocidade de decomposição de seus resíduos, o que possibilita uma maior extração de nutrientes em camadas mais profundas do solo (Silva et al., 2014).

As crotalárias, que há tempos são utilizadas como adubo verde, têm se tornado cada vez mais importantes na agricultura, geram uma grande quantidade de biomassa, mas também aumentam a eficiência do uso de fertilizantes nitrogenados proporcionado pela simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio, e melhoram a qualidade do solo, elevando os níveis de matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes (Silva et al., 2017).

Entre as leguminosas com potencial para uso, Pereira et al. (2017) apontam a crotalária (*C. juncea*), o feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*), o guandu-anão (*Cajanus cajan*) e a mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), em particular, a crotalária destaca-se por fornecer uma alta

quantidade de macronutrientes na massa seca da parte aérea, o que pode contribuir para uma maior produção de biomassa e, conseqüentemente, para uma ciclagem de nutrientes mais eficiente (Tabela 4).

Tabela 4 Acúmulo (kg ha^{-1}) de nutrientes em plantas de cobertura.

Plantas de cobertura	Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre
----- Acúmulo (kg ha^{-1}) -----						
Capim-sudão	106,17 c	24,83 c	311,83 b	63,33 c	24,83 c	13,67 b
Crotalária	817,33 a	75,17 a	363,33 b	340,67 b	92,83 a	39,83 a
Feijão-de-porco	737,17 a	55,00 b	537,17 a	674,50 a	57,50 b	37,50 a
Guandú-anão	325,17 b	26,83 c	222,00 c	92,83 c	26,83 c	17,83 b
Mucuna-preta	219,50 b	20,17 c	153,67 c	80,67 c	17,00 c	10,50 b
Pousio	21,33 d	6,16 d	56,00 d	9,00 d	7,50 d	4,67 c
Trigo-mourisco	68,83 c	16,67 c	132,50 c	43,67 c	20,17 c	6,50 c

Fonte: Pereira et al.,2017

De acordo com Bertolini et al. (2019), a quantidade de nitrogênio remanescente liberado é crucial, pois é um fator determinante na relação C/N e pode influenciar os componentes de rendimento da cultura subsequente, possibilitando ainda, uma maior extração dos nutrientes em camadas mais profundas (Silva et al., 2014). Em um estudo conduzido pelos autores mencionados, a cultura de crotalária (*C. ochroleuca*) apresentou a maior quantidade de nitrogênio, com 324 kg ha^{-1} , enquanto o milho apresentou a menor quantidade, com 130 kg ha^{-1} de nitrogênio remanescente (Gráfico 1). Esse acúmulo elevado de nitrogênio na crotalária é devido à sua excelente capacidade de fixação de nitrogênio, o que a torna especialmente recomendada para a recuperação do solo.

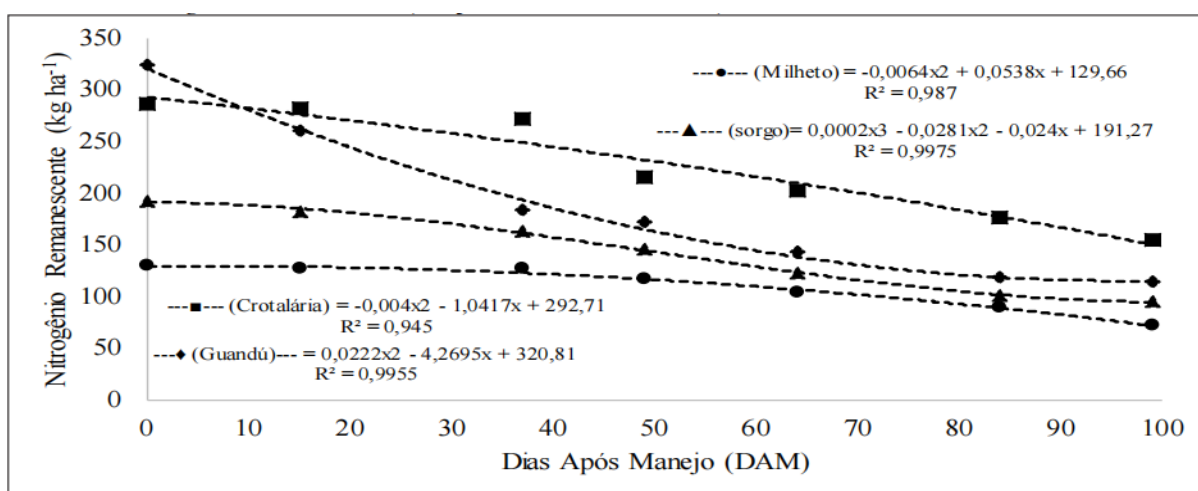


Gráfico 1 Nitrogênio remanescente

Fonte: Bertolini et al. 2019

Em estudos conduzidos por Dabo e Blum (2018), a alta produção de fitomassa da leguminosa em um curto intervalo de tempo indica que essa espécie se adaptou bem às condições climáticas do experimento (caracterizadas por temperaturas elevadas e chuvas predominantes entre dezembro e maio). A *C. juncea* apresentou maior rendimento de massa fresca e seca, além de maiores concentrações de alguns macronutrientes (Tabela 5) analisados (N, P, K, Mg e S).

Tabela 5 Acúmulo de nutrientes encontrados na biomassa seca das diferentes plantas de cobertura

Tratamento	N (Kg/ha)	P (Kg/ha)	K (Kg/ha)	Ca (Kg/ha)	Mg (Kg/ha)	S (Kg/ha)
Brachiaria	6,48 D	1,488 C	12,96 C	2,35 D	1,2 C	0,648 C
Crotalaria	40,95 A	11,02 A	60,72 A	25,72 A	7,47 A	7,54 A
Niger	29,72 B	5,41 B	31,11 B	11,68 B	2,89 B	2,33 B
Crambé	15,10 C	3,52 B	19,71 C	7,29 C	1,45 C	2,29 B
CV %	23,4	27,3	19,4	22,33	27,7	19,85

Fonte: Nery e Junior (2023)

O acúmulo de matéria seca é relevante, demonstrando o potencial da Crotalária como planta de cobertura, uma vez que seus resíduos podem proporcionar uma cobertura mais duradoura do solo, devido à elevada relação C/N o material, essa característica é fundamental para a proteção da superfície contra a erosão, a manutenção da umidade, a regulação da temperatura e a supressão de plantas daninhas. A permanência prolongada da matéria orgânica na superfície contribui para a melhoria da estrutura do solo e o aumento de sua fertilidade ao longo do tempo, em comparação com outras leguminosas (mucuna-cinza, feijão-de-porco e mucuna-preta) (Teodoro et al., 2011). Esses dados evidenciam a capacidade produtiva da Crotalária em termos de massa fresca e seca, destacando seu uso na melhoria da qualidade do solo e na recuperação de áreas degradadas (Dabo e Blum, 2018).

3.3. O uso da Crotalária no controle biológico de pragas agrícolas

No Brasil, as perdas provocadas por nematoides fitoparasitas são um dos principais fatores que levam à redução significativa da produtividade em diversas culturas, como algodão (50%), batata (100%) (Embrapa, 2015); cana-de-açúcar (40%) (Sgs, 2021); milho (50%) (Sementes biomatrix, 2020). Entre os fitonematoídes mais comuns associados à soja estão: *Heterodera glycines* (nematóide do cisto); *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* (nematóides das galhas); e *P. brachyurus* (nematóide das lesões radiculares) (Juhász et al., 2013; Amorim et al., 2016).

O nematoide das lesões em raízes, *P. brachyurus*, é um dos principais fitonematoides presentes nas áreas de cultivo de soja no Cerrado brasileiro, podendo ocasionar reduções de até 30% na produção. Os prejuízos ao sistema radicular ocorrem na área do parênquima, em função das toxinas liberadas pelos fitonematoides durante sua movimentação e alimentação (Vedoveto et al., 2013).

As espécies *C. spectabilis*, *C. ochroleuca* e *C. juncea* é citada com uma das principais antagonistas aos nematoides do gênero *Meloidogyne*, e o modo de ação da mesma sobre o nematoide pode ser variável (Embrapa, 2020). Um aspecto adicional que torna essa crotalária atraente é sua capacidade de atuar como planta armadilha, atraindo juvenis e permitindo sua penetração, porém bloqueando seu desenvolvimento e reprodução (Warnke et al., 2008; Curto et al., 2015). A *C. ochroleuca* também tem sido destacada por sua ação antagonista contra nematoides, sendo considerada eficaz no controle de *Meloidogyne* spp. (Silva et al., 2018), *P. brachyurus* (Ribeiro et al., 2007) e *R. reniformis* (Claudius-Cole et al., 2015).

Uma estratégia eficaz é o plantio de espécies de plantas antagonistas ou não hospedeiras após a cultura da soja, visto que isso contribui para redução da população de nematoides. Nesse sentido, algumas espécies de Crotalária podem ser incluídas nos sistemas de produção de soja como segunda safra, já que foram identificadas como resistentes ou imunes ao ataque desses organismos (Cruz et al., 2020). Essas espécies têm a capacidade de atrair nematoides por meio dos exsudatos das raízes, permitindo sua invasão no sistema radicular, mas impedindo que completem o ciclo de vida e se reproduzem, resultando em uma diminuição significativa da população, (Goulart et al., 2013).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de crotalária como adubo verde e/ou planta de cobertura no Cerrado representa uma estratégia promissora para enfrentar os desafios agrícolas característicos dessa região, marcada por solos pobres e degradados. Este estudo reforça a relevância de práticas conservacionistas da seleção de espécies adaptadas às condições locais ao manejo sustentável dos recursos naturais. Com benefícios como a fixação biológica de nitrogênio, o controle de nematoides e a melhoria da fertilidade do solo, a crotalária se destaca como uma alternativa viável para aumentar a produtividade agrícola, reduzir a dependência de insumos químicos e promover a sustentabilidade ambiental. Assim, sua aplicação é uma ferramenta indispensável para a construção de sistemas agrícolas mais resilientes e eficientes, fundamentais para o equilíbrio entre produção e conservação no bioma.

REFERÊNCIAS

- ABRANCHES, M. de O.; SILVA, G. A. M. da; SANTOS, L. C. dos; PEREIRA, L. F.; FREITAS, G. B. de. **Contribution of green fertilization to the chemical, physical and biological characteristics of the soil and its influence on the nutrition of vegetables.** Research, Society and Development, [S. l.], v. 10, n. 7, p. e7410716351, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i7.16351. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/16351>. Acesso em: 11 jun. 2024
- AMBROSANO, E. J.; CANTARELLA, H.; AMBROSANO, G. M. B.; SCHAMMAS, E. A.; DIAS, F. L. F.; ROSSI, F.; TRIVELIN, P. C. O.; MURAOKA, T.; AZCÓN, R. **Produtividade de cana-de-açúcar em ciclos agrícolas consecutivos após pré-cultivo de espécies adubos verdes.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 89, n. 3, p. 232-251, 2014. Acesso em: 11 jun. 2024
- AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Ed.). **Manual de fitopatologia.** 5. ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2016. v. 2, 772 p. Acesso em: 10 set. 2024
- BATISTA, M. L. D.; CUNHA, H. F. da. **A abordagem do bioma Cerrado nos livros didático.** Revista Sapiência, Iporá, v. 11, p. 16-34, 2022. Acesso em: 11 jun. 2024
- BECK, H. E.; ZIMMERMANN, N. E.; MCVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E. F. **Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1 km resolution.** Scientific Data, v. 1, p. 1-12, 2018. Acesso em: 11 abr. 2024
- BERTOLINI, A; FINCO, D; NORA, T.J; OMIZZOLO, R; SORDI, A; KLEIN, C. **Cobertura de solo e taxa de ciclagem de nutrientes em plantas de cobertura de verão no Oeste de Santa Catarina.** Unoesc & Ciência - ACET, Joaçaba, v. 10, n. 2, p. 83-92, jul./dez. 2019. Acesso em: 19 jun. 2024
- CARGNELUTTI, F. A.; FOLLMANN, D. N.; BEM, C. M. de; PEZZINI, R. V.; SCHABARUM, D. E.; SILVEIRA, D. L.; ULIANA, D. B.; CHAVES, G. G. **Épocas de semeadura e temperatura base em crotalária juncea.** Agrarian, [S. l.], v. 9, n. 34, p. 312–318, 2017. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/4574>. Acesso em: 19 abr. 2024
- CARVALHO, M. L.; VANOLLI, B. S.; SCHIEBELBEIN, B. E.; BORBA, D. A. de; LUZ, F. B. da; CARDOSO, G. M.; BORTOLO, L. S.; MAROSTICA, M. E. M.; SOUZA, V. S. **Guia Prático de Plantas de Cobertura: Aspectos fitotécnicos e impactos sobre a saúde do solo.** ESALQ/USP, 2022. Acesso em: 16 jun. 2024
- CARVALHO, L. **Influence of different species of crotalaria in indicators of quality of sugarcane.** Agrarian Academy, v. 1, n. 01, p. 228-233, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/279911995_Influence_of_different_species_of_crotalaria_in_indicators_of_quality_of_sugarcane. Acesso em: 12 set. 2024
- CLAUDIUS-COLE, A. O.; FAWOLE, B.; ASIEDU, R. **Population changes of plant-parasitic nematodes associated with cover crops following a yam (*Dioscorea rotundata*) crop.** Tropical Plant Pathology, v. 40, p. 193-199, 2015. Acesso em: 10 set.

CRUZ, T. T.; ASMUS, G. L.; GARCIA, R. A. ***Crotalaria* species in succession to soybean for the management of *Pratylenchus brachyurus***. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.50, n.7, e20190645, 2020. Disponível em: <http://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190645>. Acesso em: 13 set. 2024

CURTO, G.; DALLAVALLE, E.; SANTI, R.; CASADEI, N.; D'AVINO, L.; LAZZERI, L. **The potential of *Crotalaria juncea* L. as a summer green manure crop in comparison to Brassicaceae catch crops for management of *Meloidogyne incognita* in the Mediterranean area**. *European of Journal Plant Pathology*, v. 142, n. 4, p. 829-841, 2015. Acesso em: 10 set. 2024

DA SILVA, A.G.; DE AZEREDO, G.A.; DE SOUZA, V.C. et al. **Influência da cor do tegumento e da temperatura na germinação e vigor de sementes de *Crotalaria ochroleuca* L.** *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.11, n.2, p.49-54, 2016. Acesso em: 17 abr. 2024

DALCHIAVON, F.C.; CARVALHO, M.P.; NOGUEIRA, D.C.; ROMANO, D.; ABRANTES, F.L.; ASSIS, J.T.; OLIVEIRA, M.S. **Produtividade da soja e resistência mecânica à penetração do solo sob sistema plantio direto no cerrado brasileiro**. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.41, n.1, p.8-19, 2011. Acesso em: 08 set. 2024

DEBIASI, H. et al., 2016. **Práticas culturais na entressafra da soja para o controle de *Pratylenchus brachyurus***. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* [online]. 51, 1720-1728. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016001000003>. Acesso em: 20 abr. 2024

DINIZ, E. R.; VARGAS, T. de O.; PEREIRA, W. D.; GUEDES, A. F.; SANTOS, R. H. S.; PETERNELLI, L. A. **Decomposição e mineralização do nitrogênio proveniente do adubo verde *Crotalaria juncea***. *Científica*, Jaboticabal, v. 42, n. 1, p. 51-59, 2014. Acesso em: 19 abr. 2024

EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. **Reação de espécies de Crotalária a diferentes populações de *Meloidogyne javanica***. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2020. 15 p. (ISSN 1678-2518). Acesso em 12 set. 2024

EMBRAPA. **Sistemas de cultivo de plantas de cobertura para a semeadura direta do algodoeiro**. Campina Grande, 2016. 15 p. (Embrapa Algodão. Comunicado técnico, 377). Acesso em: 19 abr. 2024

GARCIA, R. A.; STAUT, L. A. **Como inserir crotalária em sistemas de produção de grãos**. Circular Técnica, n. 44, 2018. ISSN 1679-0464. Acesso em: 17 abr. 2024

GIEHL, J. **Adubação de restituição como estratégia para maior eficiência de uso de nutrientes em solo de fertilidade construída no Cerrado**. Viçosa - Minas Gerais, 2022. Acesso em: 10 set. 2024

GOULART, MMP et al. **Avaliação do efeito de diferentes populações de *Pratylenchus brachyurus* na cultura da soja**. *Ciência e Tecnologia Global*. Rio Verde- GO, v.6, n.2, p.08-14, 2013. Disponível em: <v06n02a01>. doi: 10.14688/1984-3801. V06N02A01. Acesso em: 10 set. 2024

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Área territorial brasileira**. Agência Notícia IBGE, Rio de Janeiro, 2017. Acesso em: 08 set. 2024

JUHÁSZ, A. C. P.; PADUA, G. P. de; WRUCK, D. S. M.; FAVORETO, L.; RIBEIRO, N. R. **Desafios fitossanitários para a produção de soja**. Informe Agropecuário, v. 34, n. 276, pp. 66-75, 2013. Acesso em: 10 set. 2024

KASSAM, A., Friedrich, T., Derpsch, R., 2019. **Global spread of conservation agriculture**. Int. J. Environ. Stud. 76, 29 51. <https://doi.org/10.1080/00207233.2018.1494927>. Acesso em: 10 set. 2024

LEANDRO, H.M.; ASMUS, G.L. **Crop rotation and crop sequences for the management of the reniform nematode in area of soybean production**. Ciência Rural, v.45, n.6, p.945-951. 2015. Acesso em: 08 ago. 2024

LIEBIG, M.A., Archer, D.W., Tanaka, D. L., 2014. **Crop diversity effects on near-surface soil condition under dryland agriculture**. Applied and Environmental Soil Science, 2014, 7. <https://doi.org/10.1155/2014/703460>. Acesso em: 08 set. 2024

MERCANTE, F. M.; HUNGRIA, M.; MENDES, I. C. de; JÚNIOR, F. B. dos; ANDRADE, D. S. **Fixação biológica em adubos verdes**. 2023. Embrapa. Acesso em: 10 abr. 2024

MONTANARI, R.; PANACHUKI, E.; LOVERA, L.H.; CORREA, A.R.; OLIVEIRA, I.S.; QUEIROZ, H.A.; TOMAZ, P.K. **Variabilidade espacial da produtividade de sorgo e de atributos do solo na região do ecótono Cerrado-Pantanal, MS**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.39, n.2, p.385-396, 2015. Acesso em: 08 set. 2024

NASCIMENTO, M. R., JAEGGI, M. E. P. C., SALUCI, J. C. G., GUIDINELLE, R. B., PEREIRA, I. M., ZACARIAS, A. J., SOUZA, M. N. **Efeito da adubação verde na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. Revista Univap, v. 22, n. 40, p. 698, 2017.2. Acesso em: 12 set. 2024

OLIVEIRA, M. W. et al. **Época de semeadura altera o crescimento e a produção de biomassa da *Crotalaria juncea***. I Congresso Internacional das Ciências Agrárias – COINTER. Recife – PE. Anais do I Congresso. 2016. CD. Acesso em: 11 jun. 2024

PEREIRA, A. P.; SCHOFFEL, A; KOEFENDER, J; CAMERA, J. N.; GOLLE, D. P.; HORN, R. C. **Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura de verão**. Revista Ciências Agrárias, v. 40, n. 4, p. 799-807, 2017. Acesso em: 11 jun. 2024

PEREIRA FILHO, I. A. **Cultivo do milho**. 9 ed. Embrapa Milho e Sorgo. 2015. Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p. Acesso em: 09 jun. 2024

REDIN, M.; GIACOMINI, S. J.; FERREIRA, P. A. A.; ECKHARDT, D. P. **Plantas de cobertura de solo e agricultura sustentável: espécies, matéria seca e ciclagem de carbono e nitrogênio**. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2016. Acesso em: 12 set. 2024

RIBEIRO, N. R.; DIAS, W. P.; HOMECHIN, J.; SILVA, J. F. V.; FRANCISCO, A. **Avaliação da reação de espécies vegetais ao nematoide das lesões radiculares**. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 29., 2007, Campo Grande. Resumos. Londrina: Embrapa Soja, 2007. (Embrapa Soja. Documentos, 287). p. 247-247. Acesso em: 10 set. 2024

RICKLEFS, R. E. **A Economia da Natureza**. 6. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2010. Acesso: 09 jun. 2024

SILVA, A. A. S. et al. **Adubação verde: um passo para uma agricultura sustentável**. Araxá, MG: Instituto de Ciências da Saúde, Agrárias e Humanas – ISAH, 2014. Acesso em: 19 jun. 2024

SILVA, A. G.; AZEREDO, G. A.; SOUZA, V. C.; MARINI, F. S.; PEREIRA, E. M. **Influência da cor do tegumento e da temperatura na germinação e vigor de sementes de *Crotalaria ochroleuca* L.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 11, n. 2, p. 49-54, 2016. Acesso em: 10 abr. 2024

SANTOS, J.C.dos. **Desafios do uso de crotalárias em alimentação animal**. 30 f. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde, 2022. Acesso em: 17 abr. 2024

SILVA, A. A. S. et al. **Adubação Verde: Um Passo Para Uma Agricultura** - Araxá – Mg: Sustentável. Instituto De Ciências Da Saúde, Agrárias e Humanas: ISAH, 2014. Acesso em: 20 jun. 2024

SILVA, K.C.; FARIAS, T.R.R.; CHAVEIRO JÚNIOR, I.R.; REZENDE, C.F.A.; SOUSA, C.N.A. **Produtividade de sorgo consorciado com crotalária em plantio direto no Cerrado**. Revista Científica, Goianésia, v.1, n.5, p.76-81, 2017. Acesso em: 17 jun. 2024

SILVA, R. A.; NUNES, N. A.; SANTOS, T. F. S.; IWANO, E. F. K. **Efeito da rotação e sucessão de culturas no manejo de nematoides da soja em área arenosa**. Nematropica, v. 48 n. 2, p. 198-206, 2018. Acesso em: 10 set. 2024

SOARES, J. R.; RAMBO, J. R.; CAVALLARI, L. A.; OLIVEIRA, M. S.; SOARES, D. M. J. **Produção de adubos verdes no cerrado e seus efeitos sobre as plantas daninhas**. Revista de Ciências Agrárias e Ambientais, Alta Floresta, MT, v. 13, n. 2, p. 57-64, 2015. ISSN 1677-6062. Acesso em: 08 set. 2024

TAVARES, K. S. R.; MOURA, R. S.; AMORIM, R. R. **Caracterização geossistêmica do domínio do cerrado: subsídios a análise da paisagem**. Espaço em Revista, Goiânia, v. 24, p. 218-238, 2022. Acesso em: 08 set. 2024

TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L.; SILVA, D. M. N.; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. **Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do alto vale do Jequitinhonha**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 35:635-643, jan. 2011. Acesso em: 10 set. 2024

VENTURA, André Christofoleti. **Potencial de uso da *Crotalaria ochroleuca* para produção de feno**. 55 f. 2021. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2021. Acesso em: 17 abr. 2024

VEDOVETO, MVV et al. **Adubo verde no manejo de *Pratylenchus brachyurus* na cultura da soja**. Nematropica, v.43, n.1, p.226-232, 2013. Disponível em: <https://journals.flvc.org/nematropica/article/view/82711>. Acesso em: 13 set. 2024

WARNKE, S. A.; CHEN, S.; WYSE, D. L.; JOHNSON, G. A.; PORTER, P. M. **Effect of**

rotation crops on hatch, viability and development of *Heterodera glycines*. Nematology, v. 10, n. 6, p. 869-882, 2008. Acesso em: 10 set. 2024